INFORME FINAL

Microcentral Hidroeléctrica San Antonio de Lípez

Proyecto: Electrificación Rural

Fecha: Agosto 2009

Canadian International Development Agency

olade
Organización Latinoamericana de Energía

UNIVERSITY OF CALGARY

El autor del presente documento es el consultor: Emiliano Montaño Gonzáles

Los criterios expresados en el documento son de responsabilidad de los autores y no comprometen a las organizaciones auspiciantes Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI) y Universidad de Calgary o al Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas de Bolivia.

Se autoriza la utilización de la información contenida en este documento con la condición de que se cite la fuente.

1.- ANTECEDENTES

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), la Universidad de Calgary (UC), la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI), en coordinación con el Vice Ministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VMEEA) de Bolivia, ejecutan el Proyecto de Electrificación Rural, que tiene como propósito incorporar a las comunidades rurales en la identificación de sus requerimientos de suministro de energía a través de procesos participativos.

Una vez concluido el diseño de la microcentral hidroeléctrica, se inicia la fase de construcción en fecha 1 de agosto de 2007, con fecha de conclusión prevista, 30 de mayo de 2008

El presente informe corresponde al informe final, luego de la puesta en marcha del proyecto Microcentral Hidroeléctrica San Antonio de Lípez, en fecha 18 de abril de 20009.

2.- OBJETIVOS

El objetivo general del proyecto es mejorar el nivel socio económico de la comunidad de San Antonio de Lípez, mediante el aprovechamiento de la fuente de energía local limpia y renovable, generando energía hidroeléctrica para las necesidades domésticas, públicas, usos productivos como talleres artesanales, albergues turísticos, taller mecánico y llantería.

3.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La planta hidroeléctrica de San Antonio es una central de derivación que cuenta con los siguientes componentes:

- Obra de toma tipo convencional o azud derivador.
- Tubería de aducción
- Desarenador – cámara de carga
- Tubería de presión
- Casa de máquinas
- Equipo de generación hidroeléctrico.
- Línea eléctrica de media tensión
- Red eléctrica de distribución en la población

La planta tiene una potencia instalada de 26 Kw. contando con una altura neta de 48.5 m y un caudal de equipamiento de 0.10 m3/s.

4.- ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DEL PROYECTO

4.1 Instituciones responsables del proyecto

Las organizaciones responsables del proyecto Microcentral Hidroeléctrica San Antonio, son:

- El Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas VMEEA de Bolivia

- La Organización Latinoamericana de Energía OLADE

- Comité de electrificación San Antonio, elegida democráticamente por las bases, cuenta con estatutos propios, que obligan al aporte de la mano de obra no calificada y materiales locales durante la construcción y la vida del proyecto.

- El Ing. Emiliano Montaño Gonzáles, responsable técnico y administrativo, bajo la modalidad de construcción detallada mas adelante.

4.2 Modalidad de ejecución

El proyecto se ejecuta en la modalidad de autoconstrucción, que consiste en lo siguiente:

La construcción de la microcentral la realizan los propios beneficiarios, es decir los comunarios de San Antonio, organizados por el Comité de electrificación y dirigidos técnicamente por personal técnico contratado.

Los comunarios aportan mano de obra no calificada para la construcción de obras civiles en forma comunitaria, equitativa y en cantidad suficiente hasta la puesta en marcha de la microcentral. El costo de este aporte, cuantificado en el presupuesto general, no es cancelado por el financiador y constituye la contraparte comunal, como también los materiales locales: arena, piedra y grava. El Comité de Electrificación asume la organización de grupos, control interno de asistencia y cumplimiento, al igual que las tareas de coordinación con la parte técnica y el albañil contratado.

La asistencia técnica para la ejecución de las obras civiles, líneas eléctricas, montaje de equipos y realización del curso de operación, mantenimiento y administración, está a cargo de personal técnico especializado, contratado por OLADE, con cargo al presupuesto del proyecto.

El VMEEA de Bolivia, es la entidad responsable de supervisión y/o fiscalización, hasta la entrega definitiva y transferencia a la Organización local.

La mano de obra calificada, referida a la instalación de líneas (liniero), igualmente se contrata con cargo al presupuesto del proyecto.

La coordinación entre el Comité de Electrificación, entidad técnica y OLADE será realizada por el VMEEA, desde sus oficinas y visitas de supervisión y/o fiscalización de las obras.

La ejecución de proyectos de hidrogeneración por autoconstrucción se justifica por:

- Bajo costo frente a cualquier otra modalidad, al no incluir los costos normales de las empresas constructoras.

- Aporte efectivo de los beneficiarios en materiales locales y mano de obra no calificada, que repercute en la identificación y apropiación del proyecto.

- La identificación y derecho propietario sobre el sistema hidroenergético, facilita la implantación de la tecnología y la sostenibilidad del proyecto a lo largo de su vida útil.

- La administración local y autónoma del sistema no altera la realidad sociocultural de la comunidad, al contrario fortalece la organización local y tiene alto impacto en la generación de riqueza, ya sea por tarifas bajas o simplemente porque el contar con energía no significa la transferencia de recursos a otras regiones.

5.- ACTIVIDADES REALIZADAS

5.1 Construcción de la obra de toma

La obra de toma diseñada y construida para captar las aguas del río Santa Rosa es una toma tipo convencional o azud derivador. Se ha elegido este tipo de obra de toma debido a las características del río. La pendiente relativamente baja (5%) y la posibilidad de arrastre de sedimento fino descartan la posibilidad de una toma de fondo tipo tirolés.

La obra de toma se ha diseñado para captar un caudal de 0.10 m3/s y cuenta con los siguientes componentes:

- Azud derivador
- Muros laterales de protección y encauzamiento.
- Desgravador con pantalla y vertedero de excedencias.

F.1 Obra de toma en funcionamiento

5.2 Instalación de la tubería de aducción

El tendido de la tubería de aducción fue concluido el 15 de diciembre de 2008, según el compromiso adquirido por la organización local con OLADE.

Se instalaron en total 270 barras de tubería PVC SDR 41 de 10 pulgadas de diámetro, totalizando 1566 m, hasta el sitio de emplazamiento de la cámara de carga.

Se instalaron 6 semicodos construidos expresamente con ángulos requeridos por el terreno, igualmente en PVC de 10 “, y fue necesario construir una cámara de inspección que cumple el doble propósito de servir de punto de inspección a los 550 m desde la toma y además de ser elemento de cambio de dirección por el elevado ángulo de aproximadamente 120 °.

La tubería de aducción fue probada antes de ser enterrada definitivamente, transportando el caudal necesario hasta la cámara de carga satisfactoriamente.

F.2 Instalación de la tubería de aducción

5.3 Construcción del desarenador y cámara de carga

Esta obra entre sus funciones contempla:

- Retener partículas sólidas de hasta 0.2 mm de diámetro, para el efecto cuenta con sección y longitud diseñadas para bajar la velocidad del flujo y permitir la decantación de las partículas sólidas.

- Limpieza de los sólidos retenidos por el mismo flujo, a través de la apertura de la compuerta de limpieza emplazada para el efecto en la parte mas baja del desarenador

- Evacuar el caudal excedente a la demandada por la turbina, a través del vertedor de excedencias diseñada para el efecto con longitud suficiente para evacuar incluso el total de caudal de diseño de la microcentral y capacidad de conducción de la tubería de conducción, tal como se espera se presente cuando se requiera el paro del equipo de generación, sin necesidad de la acción de cierre desde la obra de toma ubicada a 1600 m.

- Brindar las condiciones de entrada a la tubería de presión, con suficiente tirante para evitar la entrada de aire, como función de la cámara de carga.

- Retener los sólidos en suspensión u objetos que llegan en flotación como hojas, etc, a través de la rejilla que cubre toda la cámara de carga, la rejilla removible sobre bisagra a objeto de facilitar la limpieza de los sólidos retenidos y su reposición.

- Evacuación del caudal excedente a través de un canal hasta un punto seguro a fin de evitar daños por erosión a la obra.

F.3 Desarenador y cámara de carga en operación

F.4 Cámara de carga con rejilla y compuerta de limpieza

5.4 Instalación de la tubería de presión

La tubería la tubería de presión en PVC esquema 40 de 8 pulgadas de diámetro, ha sido enterrada en la zanja excavada en línea recta y pendiente constante a fin de evitar el uso de codos fabricados expresamente.

F.5 Vista tubería de presión enterrada y casa de máquinas

5.5 Construcción de la casa de máquinas

La casa de máquinas fue construida según lo proyectado, con paredes de adobe fabricadas en el sitio, cerca protectora con malla olímpica y terminación notable, dadas las condiciones de disponibilidad de mano obra calificada limitada.

F.6 Casa de máquinas y transformador elevador

5.6 Instalación de los equipos de generación hidroeléctrica

En fechas 17 y 18 de abril se procedió a la instalación del equipo de generación hidroeléctrica, con las siguientes actividades:

- Instalación y ajuste de la turbina hidráulica tipo Michell – Banki
- Instalación y alineado del generador eléctrico síncrono en su modo de conexión monofásico
- Instalación del equipo regulador de velocidad por control de carga electrónico
- Instalación del tanque disipador, como parte del equipo de control de velocidad
- Conexión al transformador elevador

Todas las tareas fueron realizadas con la participación de los futuros operadores locales, nombrados en asamblea de la organización local

Una vez instalados los equipos, se realizaron las pruebas de funcionamiento y medidas, siempre conjuntamente con los operadores, como forma de entrenamiento práctico en operación y mantenimiento del sistema energético.

F.7 Instalación del equipo de generación

F.8 Equipo de generación en operación

5.7 Instalación de líneas eléctricas de transmisión y distribución

Una vez realizadas las pruebas del equipo de generación se procedió a la energización de las líneas de transmisión y distribución.

Primeramente la línea de transmisión compuesto por los transformadores elevador y reductor y la línea monofásica de 6,2 km de longitud a 14.4 kv de tensión, las pruebas fueron satisfactorias, verificándose el nivel de tensión en la comunidad de 230 v, en el secundario del transformador de distribución, óptimo para la distribución en toda la comunidad.

Inmediatamente se procedió a la energización de toda la red de distribución en la comunidad, sin observaciones en el cableado.

Finalmente de procedió a la instalación de las luminarias de alumbrado público el 3 puntos en la comunidad, una en el albergue comunal, otra en la plaza principal y la tercera en la avenida principal.

Las luminarias al oscurecer en horas de la noche se encendieron automáticamente al contar con control por fotocélulas, provocando el regocijo de los pobladores de San Antonio.

F.9 Instalación de red de distribución

F.10 Luminaria en la comunidad de San Antonio

6. PARTIPACIÓN DE LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO DE LÍPEZ

La participación de los pobladores de la comunidad de San Antonio de Lípez, futuros beneficiarios de la energía eléctrica ha sido sostenida a lo largo de los 2 años que ha durado la construcción de la microcentral, con las siguientes puntualizaciones:

- Motivación muy alta al comenzar la construcción, ante la posibilidad de contar con energía eléctrica

- Trabajo bastante sacrificado, especialmente en le tendido de la tubería de aducción enterrada a lo largo de 1650 m, excavado manual y herramientas comunes.

- La comunidad ha trabajado igualitariamente en grupos de 10 cada día, interrumpido por condiciones climáticas, como temperaturas bajas extremas, que imposibilitaron la excavación manual.

- El albañil, como mano de obra calificada y director de obra, fue contratado con cargo al presupuesto del proyecto.

- Los socios en su conjunto se encuentran consientes de que el sistema construido, es propiedad de la comunidad, que será administrada por la organización local y toda la fase de operación y mantenimiento es responsabilidad de ellos mismos.

7. MANO DE OBRA Y MATERIALES UTILIZADOS

La mano de obra no calificada ha sido íntegramente de la comunidad de San Antonio de Lípez, como aporte de los socios y propietarios del sistema hidroeléctrico, el aporte igualitario otorga el derecho de accionista y por tanto el derecho a conexión al servicio eléctrico, cumpliendo los estatutos y reglamentos de la organización local.

Se puede afirmar que la comunidad ha construido su central hidroeléctrica, con el apoyo de un albañil, un técnico en extensión de líneas eléctricas y la dirección técnica de un profesional con experiencia en el área, pero con presencia limitada en las obras.

La comunidad ha construido con sus brazos, con las pocas herramientas normalmente utilizadas en sus labores diarias domésticas, fue necesaria la dotación de algunas herramientas, como carretillas, palas, picotas, algunos barrenos, explosivos y un instrumento apropiado para la nivelación de tuberías con pendiente constante a cargo del propio albañil, sin necesidad de un ingeniero residente.

Igualmente las líneas eléctricas fueron extendidas por la comunidad y técnico contartado.

Los materiales utilizados en gran proporción locales, como arena piedra y cascajo, externos, como madera, tubería de PVC, cemento, componentes mecánicos, como compuertas, rejillas, procedentes de un taller de metalmecánica normal.

En la casa de máquinas se utilizaron los materiales comunes en la construcción de una vivienda local, disponibles en los mercados próximos.

El equipo electromecánico de generación hidroeléctrica es de procedencia nacional, Ecotec, www.ecotecbolivia.org, con amplia experiencia en la implementación de proyectos, con tecnología de desarrollo propio, desde la concepción del proyecto hasta equipamiento, capacitación y transferencia a los operadores locales, garantiza la disponibilidad de repuestos y asistencia técnica por tiempo indefinido.

El generador ha sido importado directamente desde USA, marca Stamford, conectado en su modo monofásico, de alto rendimiento , con excitador del excitador a imán permanente, que garantiza el arranque y bajo consumo en excitación

Las líneas eléctricas con materiales disponibles en el mercado local, como conductores, ferretería, postes, incluyendo los transformadores, en su unidad de elevador ha sido encargado a un fabricante nacional.

8. LECCIONES APRENDIDAS

- Una población con gran porcentaje de pobreza extrema, a pesar de su gran voluntad de concretar su proyecto anhelado, aportando mano de obra no calificada, se encuentra muy vulnerable ante la disminución de los pocos ingresos familiares, el pago por concepto de mano de obra no calificada, así sea en proporción pequeña, sería una motivación grande para el avance del proyecto, pues la población en general vería como oportunidad de algún trabajo remunerado, teniendo en cuenta la situación de la comunidad, donde las oportunidades de trabajo remunerado es prácticamente inexistente.

- La organización local, si bien ha conformado una directiva, con estatutos y reglamentos, seguramente suficientemente precisos, tiene la debilidad de depender en extremo de la persona que se encuentra la mayor parte del tiempo fuera de la comunidad, al parecer determinado por la falta de comunicación directa desde la comunidad y debe depender de otras instancias para ello, luego, por faltas de recursos de movilización, gastos de viaje y otros, necesarios para los demás componentes de la directiva. Al parecer, es probable que se repita experiencias anteriores en otros emprendimientos similares, si no se aprovecha las lecciones aprendidas, que por falta de un capital de operaciones, la organización local no puede generar ingresos inmediatamente a fin de solventar los gastos operativos y debe quedar a voluntad de personas y organizaciones ajenas, pero antes es muy importante encontrar el promotor local con residencia permanente en la comunidad y comprometido con los objetivos del emprendimiento.

- Otra lección aprendida es que la motivación de tener energía eléctrica es muy alta, que normalmente deja en segundo plano las posibilidades de aplicaciones productivas y generación de nuevos ingresos familiares, para el logro de este último objetivo es muy importante la prolongación de asistencia técnica y en lo posible dotación de un capital de operaciones, en la comunidad se observa evidente potencialidad para los productos artesanales.

- También quedó comprobado nuevamente, que construir con manos propias una obra contribuye a elevar la autoestima de la comunidad y facilita la apropiación ante la constatación de que generar localmente su propia energía,

no es alta tecnología y que esta al alcance de la comunidad, se espera que ayude al éxito a lo largo de la vida útil del proyecto.

- La construcción de este tipo de aprovechamientos es posible a un costo bajo, incluso contando con mano de obra de escasa capacitación, si el proyecto esta bien planteado a nivel de diseño final, con asistencia técnica adecuada en todas las fases del proyecto, en lo posible a cargo de una sola entidad.

Entre las lecciones que contribuyeron al retraso:

- Paralización de las obras durante aproximadamente 5 meses por incumplimiento en la entrega de la tubería de aducción, con el aprendizaje, de que la cotización mas baja no necesariamente corresponde a la oferta de un fabricante mejor posicionado en el mercado y por tanto con mayores antecedentes de seriedad y cumplimiento de plazos, mas bien las empresas mas pequeñas tienden a ofertar el menor precio, al parecer los fabricantes de mayor volumen de producción ofrecen las mayores posibilidades de cumplimiento de plazos.

- El mismo fenómeno se observó en la adquisición de los postes, una empresa pequeña, con oferta mas baja y con incumplimientos en los plazos de entrega.

- La estimación del cronograma, sin tener en cuenta las variables climáticas, disponibilidad de tiempo real de la población involucrada, condiciones muy adversas por la ubicación de la comunidad, acceso limitado en época de lluvias, falta de servicios de telecomunicaciones.

9. INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS DOMICILIARIAS Y MEDIDORES

Según convenio firmado entre la Comunidad de San Antonio, el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas VMEEA y la Cooperación Alemana GTZ, programa PROAGRO – Energía, el VMEEA, contrató a una empresa para la instalación de las acometidas domiciliarias y medidores de energía, para todos los socios beneficiarios del proyecto.

Las actividades de instalación se iniciarán en fecha 23 del presente mes de agosto de 2009, se estima una duración de 10 días y la inmediata puesta en servicio de la planta hidroeléctrica en forma permanente.

Quedando pendiente la entrega/transferencia oficial a la organización local, de parte de las entidades encargadas de la implementación del proyecto.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al presente se puede concluir que:

- La comunidad de San Antonio de Lípez se siente involucrada y consiente de sus responsabilidades como principal ejecutora del proyecto, en las futuras tareas de operación, mantenimiento y administración del sistema energético

- La organización local cuenta con los recursos humanos capacitados y suficientes para asumir las tareas de operación, mantenimiento y administración de la microcentral

- Todas las obras y el equipo electromecánico se encuentran en perfectas condiciones de funcionamiento, cumpliendo los parámetros esperados según diseño

- Realizada la prueba de máxima potencia, en los bornes de generador se tiene potencia hasta de 30 kw, potencia fácilmente verificable con la potencia instalada en el disipador, los indicadores ópticos que señalizan el estado de los disipadores o simplemente con la medida de la corriente y voltaje a la salida.

- Se adquirió y se dejó a la responsabilidad de los operadores, todas las herramientas necesarias para montaje y desmontaje del equipo, incluyendo un tester tipo pinza para las mediciones de los parámetros eléctricos, incluyendo corrientes.

Se recomendó, seguir todas las instrucciones de procedimiento ante las distintas condiciones de operación o falla.

La Paz, 3 de agosto de 2009